我们怎样发现了

——电

〔美〕艾·阿西莫夫 著

地质出版社

我们怎样发现了——电

〔美〕艾萨克·阿西莫夫 著

次 庚 译

地 质 出 版 社

HOW WE FOUND OUT ABOUT

ELECTRICITY

Isaac Asimov

我们怎样发现了——

电

〔美〕艾萨克·阿西莫夫　著

次　庚　译

＊

责任编辑：刘品德

地质出版社出版

（北 京 西 四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路 29 号）

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

＊

开本：787 × 1092 $^{1}/_{32}$ 印张：$1^{7}/_{16}$ 字数：26,000

1984 年 12 月北京第一版·1984 年 12 月北京第一次印刷

印数：1—19,480 册　定价：0.30 元

统一书号：13038·新 32

中 译 本 前 言

这部小丛书是适合于少年儿童阅读的自然科学普及读物。作者艾萨克·阿西莫夫不但在美国享有盛名，而且是一位蜚声世界科普文坛的巨匠。阿西莫夫于 1920 年 1 月 2 日出生在苏联斯摩棱斯克的彼得洛维奇，双亲是犹太人。他于 1923 年随父亲迁居美国，1928 年入美国籍。四十余年来，共写出了二百五十部脍炙人口的著作，其涉猎领域之广泛令人瞠目：从莎士比亚到科学小说，从恐龙到黑洞……渊博的学识和巨大的成就使他成了一位传奇式的人物。对此，美国著名天文学家兼科普作家卡尔·萨根说过：阿西莫夫“是一位文艺复兴时代的巨人，但是他生活在今天。”

纵观阿西莫夫的主要科普著作，大抵都有这样一些特色：背景广阔，主线鲜明，布局得体，结构严谨，推理严密，叙述生动，史料详尽，进展唯新。这些特色，在他的大部分作品中固然有充分的体现，即使在这部小丛书中同样也随处可见。

《我们怎样发现了——》这部小丛书的缘起也很有意思。作者本人在他的自传第二卷《欢乐如故》中有如下的叙述：1972 年 2 月 15 日，因患甲状腺癌动了手术，不多日后——

“沃尔克出版公司的米莉森特·塞尔沙姆带着一个很好的主意前来，他建议为小学听众们（按：阿西莫夫经常作各种讲演）编写一部小丛书，这部丛书专门谈科学史，总的题目可以叫《我们怎样发现了——》。

“我热切地抓住了这一想法。……因为科学史早已成了

我的专长。米莉森特提议，这类书也许可以有这样的题目:《我们怎样发现了——地球是圆的》、《我们怎样发现了——电》。我同意两本都写。

“(动过手术)出院后我就开始写作，3 月 6 日，两本书完成了。”

从那以后，阿西莫夫已先后为这部小丛书写了二十来个专题。1983 年，地质出版社翻译并出版了第一辑（共十本，书目见封四），现在出版的是第二辑，共包括十一个专题，它们是：

《我们怎样发现了——能》

《我们怎样发现了——核能》

《我们怎样发现了——太阳能》

《我们怎样发现了——煤》

《我们怎样发现了——电》

《我们怎样发现了——石油》

《我们怎样发现了——人的进化》

《我们怎样发现了——生命的起源》

《我们怎样发现了——深海生物》

《我们怎样发现了——地球是圆的》

《我们怎样发现了——彗星》

正如作者在原书中强调指出的那样，这部小丛书的每一本都着重叙述了某项科学技术的“发现过程”。尽管由于作者对东方，特别是对中国古代文化资料了解得不够深入，书中所叙及的史实和情况难免有一定的局限。但是，这套丛书仍不失为科学性、知识性和趣味性都很强的优秀科普读物。热切希望小读者能从了解本书中所讲述的科学“发现过程”中受到激励和启发，勤于学习，勇于实践，成长为未来的发明

家和创造者。

今天，年逾花甲的阿西莫夫还在不停地写，我们也愿意把他的更多的优秀科普作品介绍给中国广大读者，与原书的作者、译者、编辑、出版者以及读者同享普及科学知识于全人类之乐。

卞毓麟

1984 年 5 月

目　　录

1．摩擦与引力 …………………………………………………… 1
2．导体与非导体 ………………………………………………… 8
3．电流与电瓶 …………………………………………………14
4．正电荷与负电荷 ……………………………………………20
5．电池和发电机 ………………………………………………28

1. 摩 擦 与 引 力

两千五百年以前，在现今土耳其的西海岸附近，就有了关于电的传说。

那里有一座城市，名叫马格尼西亚。当地的居民都讲希腊语。在城市的近郊，有一个放羊的牧童。这里要讲的，就是他使用一根带有铁头的拐杖爬越石头山坡的故事。

一天，他拿着铁头拐杖，杵着了一块石头。谁知，拐杖竟贴在石头上了。难道，石头上有什么粘的东西吗？他用手摸了摸，石头一点儿也不粘。除了他那拐杖上的铁头以外，什么粘的东西也没有。后来，这个牧童把这块奇特石头的事告诉了别人。

在那个地区，有一位名叫泰勒斯的人。他很聪明。若是在今天，人们一定会称他为科学家。他听到马格尼西亚城这块石头的事，随后又有人带给他一块这样的石头。这种石头只吸引铁的东西，别的东西一概不吸引。

泰勒斯用这座城市的名字将这种石头命名为“马格尼特

石”（magnetic stone）。现在我们将这种石头称作“磁石”（magnet）。泰勒斯感到奇怪，为什么一块没有生命的石头会把一件东西吸引到自身的上面呢。他还感到奇怪，为什么这种石头只吸引铁。是不是还有别的东西，也具有这种奇特的能力呢？他又拿别的东西做了实验。其中有一种金色的玻璃状的东西，我们称之为“琥珀”，而在希腊语里，人们把它叫做“electron”。

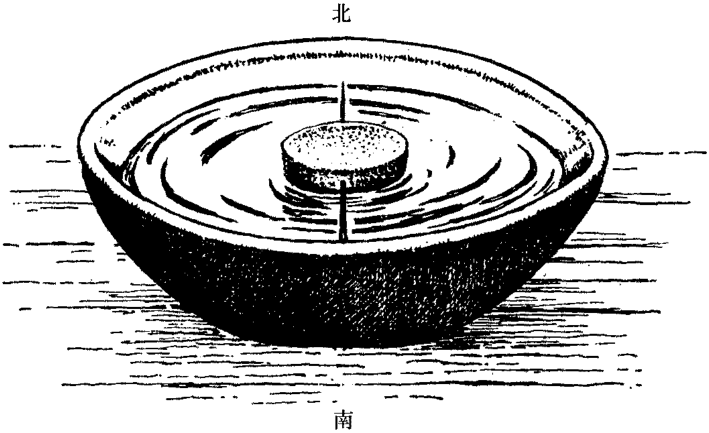
泰勒斯用琥珀做实验。

琥珀并不吸引铁。但它有一种香味。如果用手指去摩擦它，它的香味就更加强烈。泰勒斯摩擦了琥珀。他注意到，琥珀在摩擦之后，也能吸引一些东西。但实际上，琥珀吸引的是一些很小的东西，如极轻的绒毛、棉线、羽毛和细小的

木屑。这与磁石所起的作用完全不同。摩擦后的琥珀具有另一种吸引力。

泰勒斯想不出这是怎么一回事，但他写下了他所做的一切。旁人读到他的记述后，考虑了他的实验。

后来弄清楚了，磁石是很有用处的。一块磁石如果碰上一根铁针，铁针也会变成磁针。于是，这根磁针也能吸引铁的东西。如果将磁针穿在一块软木上，让软木漂浮在水面，或者让它在轴棍上旋转。那么，磁针的一端将指向北方。水手们在看不见陆地时，就利用这种漂浮的磁针来了解他们航行到了什么地方。



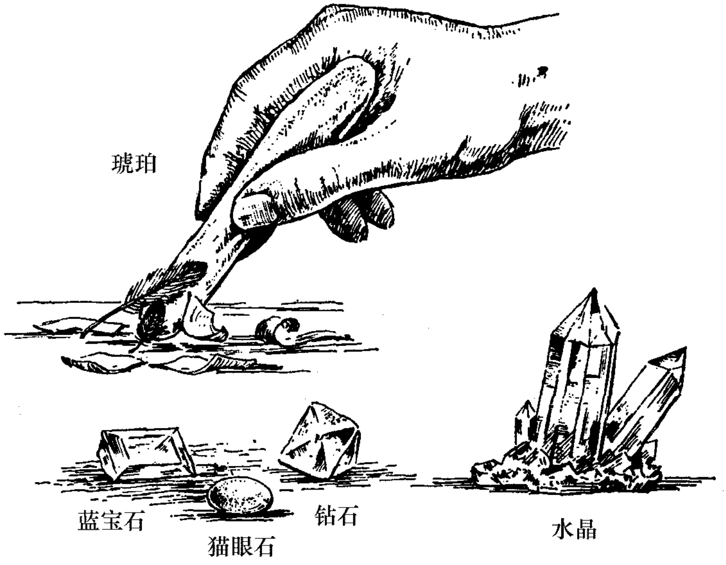
磁针的一端指向北方

一端总是指向北方的磁针另一端则指向南方，我们称之为“指南针”。公元 1400 年，欧洲的航海家们曾经利用它横越大洋去探寻遥远的陆地。1492 年，倘若克里斯托弗 · 哥伦布在他的船上没有指南针，想要发现美洲那是极其困难的。

然而，经过摩擦的琥珀又是怎么一回事呢？过去，人们

觉得它没有什么用，所以很少有人愿意去为它费脑筋。

大约在 1570 年，一位名叫威廉·吉尔伯特的英国人开始研究磁铁。他也很想了解琥珀。为什么琥珀要经过摩擦才能吸引别的东西？琥珀有什么特殊之处呢？



吉尔伯特用别的宝石做实验

首先，琥珀有着美丽的色彩，人们往往用它来制做珠宝。那么，其他宝石经过摩擦是否也能显示出这样的能力呢？吉尔伯特拿别的宝石做实验。他发现，其它的宝石经摩擦后也能吸引一些轻的东西。例如，钻石、蓝宝石、欧白石都具有琥珀的这种特性。一些很普通的水晶也具有这样的特性。

吉尔伯特了解到，在希腊语中，琥珀叫做“electron”；

在拉丁语中叫做“electrum”。所以，他将经摩擦后具有吸引力的一切东西统称为“electivcs”，以此来表明，这些东西都具有和琥珀一样的吸引力。

那么，我们把这种能使小纸屑贴附到经过摩擦的琥珀上的奇异力量，叫做什么呢？公元1650年前后，一位名叫沃尔特·查尔顿的英国人把它命名为“电”（electricity）。

那个时期，欧洲人对自然界的兴趣越来越浓厚。他们不断地提出问题，并且通过实验观察用不同方法处理物体时会发生什么现象。

例如，琥珀经摩擦后可以吸引轻微的东西。那么，如果摩擦得更加猛烈，又会怎么样呢？引力会不会加强呢？琥珀会不会含有更多的电呢？

有一位名叫奥托·冯·格里克的德国人做了一项特别实验。他用一块布使劲摩擦一块琥珀。随后，当他用手指拈住这块琥珀时，听到微小的劈啪声。当他在漆黑的地方用手指拈住它时，则看到每一次劈啪声都伴有微弱的闪光。

这可能是因为琥珀保持不住摩擦所产生的全部电量。也可能是一部分电又释放出来，发出声响和闪光，就象实际显现的那样。

不过，劈啪声太小了，闪光也太弱了，格里克被弄得很不耐烦。如果要将这一实验继续进行下去，他就得使这块琥珀充上更多的电。这样，就需要一块更大的琥珀，才能保持更多的电。由于大块的琥珀价格昂贵，所以1672年格里克采用了一种黄色的物质来进行这项实验。这种物质名叫硫磺，它也是一种能摩擦带电的物体。当它经过摩擦后，也能够吸引轻的物体，而且它比琥珀价格便宜。

他将一大块硫磺敲成碎块，然后把这些碎块放进一个大的圆形玻璃烧瓶中，加热烧瓶，使硫磺融熔；同时，不断向瓶里加进硫磺，直到硫磺充满烧瓶，然后，向融熔状态的硫磺中插入一根木柄，等待硫磺冷却下来，这时，硫磺就按照烧瓶的形状冷却凝固成一块黄色的固体。

格里克小心翼翼地将烧瓶打破，把玻璃片拿走。于是，出现在他眼前的是一个比他脑袋还要大的黄色硫磺球，球上还有一个木柄。他把硫磺球放在一个木制的托架上。当他转动木柄的时候，硫磺球就跟着转动起来。在球转动的时候，他

格里克用硫磺球做实验

把另一只手放在球面上。摩擦使硫磺球充满着电。

以前，还从未有人在一个地方聚集过这么多的电哩！硫磺球在充电或带电的情况下，发出很响的劈啪声。电释放时，闪烁着明亮的火花，即使在白天也清晰可见。

格里克是最先发明“摩擦机”的人，这种机械能够发电。

2. 导体与非导体

人们得知格里克所做的实验之后，研究电的兴趣更大了。

一位名叫斯蒂芬·格雷的英国人决定按照自己的方法进行几项实验。他用玻璃作为摩擦带电体，因为即便是使用大块的玻璃，也是非常便宜的。

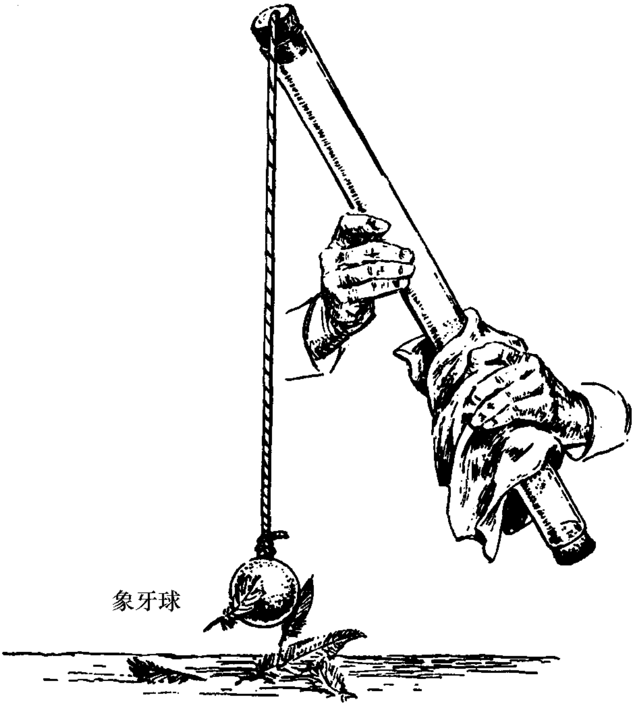
如果许多年以前，格里克在进行他的试验时，就知道玻璃是一种良好的带电体，他便不会敲碎并剥去硫磺外面的烧瓶玻璃了。他一定会让硫磺带着玻璃瓶一起转动。

格雷从头至尾地摩擦一根大约 3.5 英尺长的空心玻璃管。摩擦之后，这根玻璃管能够吸引羽毛。这表明玻璃管已经带电了。玻璃管的两头都是开口的，格雷认为这样灰尘可能进入管内，而有损于他的实验，所以他把管子的两头塞上了软木塞。这时他见到一件奇怪的事：软木塞也能吸引羽毛。可是他并没有摩擦软木塞而只摩擦了玻璃管。格雷断定，当摩擦玻璃管生电时，电也传输到软木塞里。

这会是真的吗？电可以传输吗？格雷又做了其他实验来检验这种可能性。他拿来一根长约 4 英寸的细棍，把它的一头插入管子顶端的软木塞里，在细棍的另一头扎上一个象牙球。

然后，他开始摩擦玻璃管。他十分小心，一点儿也没有碰着软木塞、细棍和象牙球。谁知摩擦了玻璃管以后，羽毛都吸附到象牙球上了。这样看来，电能够传输是无疑的了。

我们可以使水和空气在一根空心管里运动。这种运动叫做“流动”。任何液体或气体都可以流动。河水是流动的液



格雷用实验证明电能够传导

体，风是流动的气体。液体和气体称做“流体”（fluids），这是从意为“流动”的拉丁词而来的。

格雷的实验证明电也可以通过别的物体流动。它也是一种流体。从那时起，人们开始使用“电流”这一名词。

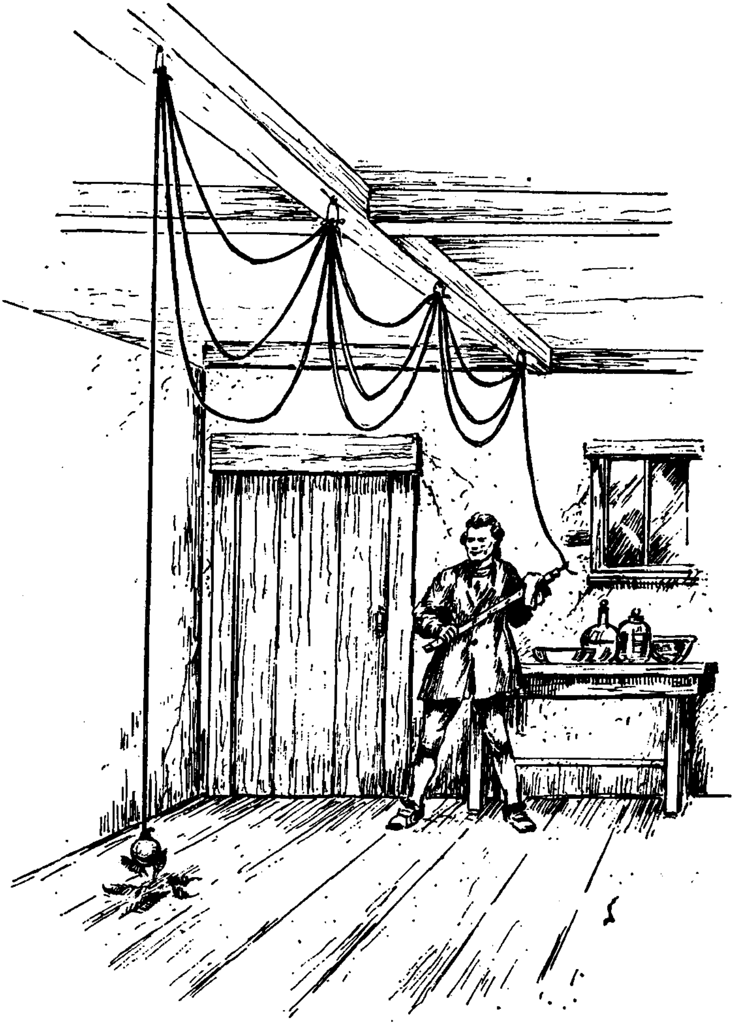
后来，格雷又想要了解一下电到底能够传输多远。他把象牙球吊在一条绳索上，绳索拴在玻璃管一端的软木塞上。当他摩擦玻璃管时，象牙球仍然能够吸引羽毛。他使用的绳索越来越长，而直到绳索长达 30 英尺时，象牙球仍能吸引羽毛。

格雷想在更远的距离上再试一试。可是，在使用 30 英尺长的绳索时，他已不得不站在屋顶上了。所以，他只好另作打算。他想把绳索从工作室顶篷的一头拴到另一头以增加长度，这就需要用钉子将绳索钉上去。他先后拉了几百英尺长的绳索，绳索的两端都从顶篷上垂下来。绳索的一头拴着玻璃管，另一头拴着象牙球。

然而，这一回，无论他怎样长时间地摩擦玻璃管，象牙球也不能吸引羽毛了，好象电突然停止了运动似的。是不是绳子太长了，以致电不能流通到底呢？

不，不是这样的。因为在这种情况下，即使玻璃管本身经过摩擦，也不再能吸引羽毛了。这说明并不是电不流动了，而是玻璃管子上没电了。他无意之中做的一件事破坏了自己的实验。这是他以前没有做过的。那是什么事呢？

以前，他只是悬挂着绳子，而这一次，他用钉子把绳子钉到顶篷上去了。那么，是不是钉子的原因呢？可能是电流通过钉子逃走了，它通过顶篷，然后释放到空气当中去了。之所以这样，可能因为钉子太粗，电很容易通过它流走。用细一点儿的钉子行不行呢？



格雷用丝线和绳索做实验

格雷拿来了一些很细但很结实的丝线，他在每一个钉子上拴上一根丝线，然后使每根丝线的另一头与绳索相接。这样，电流必须首先通过很细的丝线，否则就传不到钉子上。如果丝线细得使电流无法通过，电流就只得停留在绳子上，这样，实验就又可以继续了。

格雷又开始试验，这个办法确实有效。电流通过了 100 英尺长的绳子。这时，他摩擦绳子一端的玻璃管，绳子另一端的象牙球就吸引羽毛了。他用越来越长的绳子做实验，最后，绳子太重了，以致丝线承受不住而断开。

格雷又决定用铜丝来代替丝线去拴接绳索。没想到，电流又跑了。电流一定是通过铜丝逃跑的。格雷由此而断定：考虑用什么材料的线比考虑线的粗细更为重要。

他进一步做了实验后发现：电流通过金属时比通过其他物质时更易于传导。因此，我们把那些容易让电流通过的金属或其他物质称做“导体”，把那些难以让电流通过的物质（如蚕丝），称做“非导体”。

现在，格雷已经理解为什么琥珀、玻璃、硫磺以及其他一些物质能够摩擦生电。因为它们都是非导体，一经摩擦就会带满电，这些电无处可去。而如果摩擦的是金属一类的导体，电流就会马上流入所有与它接触的东西。电流在金属里畅行无阻，如果金属与一个非导体接触，那么它就会把非导体中所含的电流导走。

1731 年，格雷将若干金属放在松香块上，用以检验他的理论。松香与琥珀很相似，也是一种非导体。这次格雷没有用手去摩擦金属，而是用一块丝绸手帕去摩擦。丝绸也是一种非导体。只有松香、丝绸和空气（它们都是非导体）与金属接触。摩擦使金属产生电，但电又不能够通过非导体逃逸。

它停留在金属里，所以金属能够吸引羽毛。

有一次，格雷甚至用结实的丝绳将一个男孩拴在顶蓬上，并用丝绸摩擦这个男孩的胳膊。不一会儿，羽毛就吸附到了男孩的身上和衣服上。格雷由此证明了任何东西经过摩擦后都能够带电。

3. 电 流 与 电 瓶

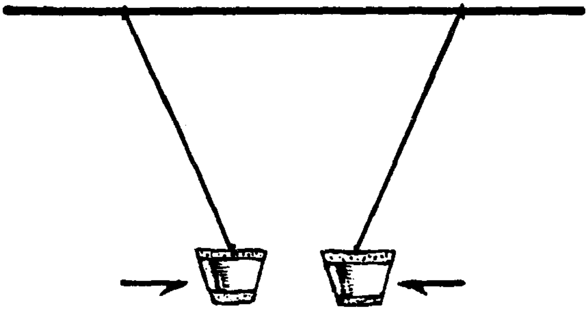
格雷做实验的消息很快就传到了欧洲其它地区。在法国，一位名叫查尔斯·弗朗西斯·杜·费伊的人也开始进行实验。

1733 年，他将一小块软木包上一层金箔，然后用丝线将这块软木悬挂在顶篷上。他用一根带电的细棒与这块软木接触，使软木也带电，电流均匀地散布到表层的金箔上。金本身是一种良导体，又由于软木和金子只与丝线和空气接触，所以电流无法逸去。如果杜·费伊要想在软木带电后使电逸去，他必须用一块金属去接触软木。这样，电流就会立即流进金属块，软木也就不再带电。

于是，杜·费伊将另外一块软木也包上金箔，用同样的方法将它悬挂在前一块软木的附近。这样一来，两块软木并排挂着，它们的间隔只有几英寸。顶篷是水平的，所以两块软木都垂直向下。他认为如果使其中一块软木带电，一定会吸引另一块软木。他用绸子摩擦一根玻璃棒，使它充满电流，又将这根玻璃棒与其中一块软木接触，一部分电流便流

入金箔包着的软木。

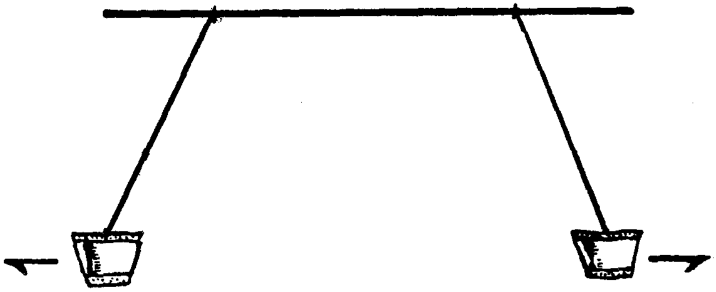
后来发生的情况正如他所预料的那样：带电的软木与那块没有经过接触的软木之间产生了引力，原来垂直向下的软木彼此靠拢。电的吸引力把它们往一起拉。



带电的软木吸引不带电的软木

但是，倘若两块软木都是带电的，那么每块软木都应具有吸引力，在杜·费伊看来，这会使引力增加一倍，软木将彼此靠得更拢，悬垂的倾斜度也会更大。

杜·费伊做了实验。开始时他将两块软木垂直悬挂，然



两块带电的软木互相排斥

后摩擦玻璃棒，并用这根玻璃棒分别与两块软木接触。但是，出乎他的意料，两块软木之间的引力并没有加强，它们之间发生的倾斜是互相推开，或者说，是互相排斥的。

这简直是个谜！难道说，这就是电的作用方式吗？或者说，他使用的玻璃棒有问题吗？也许他应该使用完全不同的材料做实验。于是，他开始用羊毛摩擦松香棒，因为羊毛的摩擦力更大。当松香带电后，他拿松香去与两块软木接触。两块软木立即互相推开：它们彼此相斥。

杜·费伊又做了另一种试验。这一回，他用绸子摩擦一根玻璃棒，然后拿这根玻璃棒与其中一块软木接触。接着，他用羊毛摩擦一根松香棒，并拿这根松香棒去与另一块软木接触。这一回产生出的是引力。两块带电的软木互相吸引而靠拢。

杜·费伊断定，电流有两种。一种是玻璃棒受摩擦时产生的，假定把它叫做玻璃电流，另外一种是在松香里产生的，叫做松香电流。如果两块软木带的电相同，它们就会互相排斥。如果两块软木带的电不同，它们就会互相吸引。

为了证实这一点，杜·费伊又进一步做了实验。他将带电的玻璃棒与一块软木接触，使这块软木带有玻璃电流。然后，他把玻璃棒拿开，再将它缓慢地向着软木一点一点靠近。果然，玻璃棒和软木都带着同样的电流，它们彼此相斥，玻璃棒将软木块推开。

当他拿来带电的松香棒时，软木块就被吸引过去，向着松香棒靠近。而当他先用松香棒使软木块带上电流后，情况恰好相反。这时，松香棒排斥软木块，而玻璃棒却吸引软木块。

杜·费伊继续使用其它材料做试验。他发现，无论什么

时候，他使一件物体带电，这件物体的表现或是和带上玻璃电流时相同，或是和带上松香电流时相同。只有这两种电流，而不存在第三种电流。

与此同时，有一些做实验的人发明了将大量电流充进小体积物体的方法。

例如，1745 年前后，人们开始在玻璃瓶内外，部分地镀上薄的金属膜，瓶口塞上软木塞，然后用一根铜棒穿过软木塞，铜棒下端连有一条铜链，铜链与瓶底的金属镀层接触。

如果拿一根带电的玻璃捧与伸出瓶口的铜棒上端接触，一部分电流就会流到瓶子里面的金属镀层上。电流流到金属镀层上就不会逸去，因为软木和玻璃都是非导体。

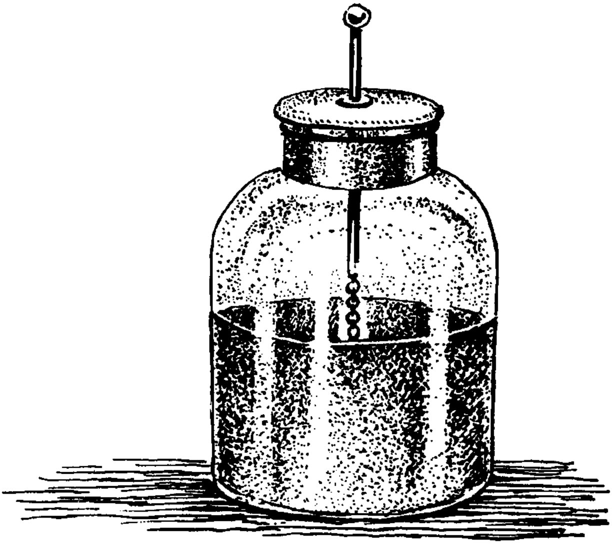
如果通过这根玻璃棒继续充电，更多的电流就会流进瓶子。最后，瓶内将流入足够多的电流，而使瓶子大量带电。

发明这种瓶子的人当中，有一位是荷兰的教授，名叫彼得·范·马斯钱布罗克。他在荷兰的莱顿大学任教，所以人们将这一新装置叫做“莱顿瓶”。

输入莱顿瓶的电流越多，可能挤出瓶子的电流也越多。就好象不断将衣服装进皮箱，放进去的越多，这些衣服推顶箱子的力就越大。倘若箱锁被撑开，一部分衣服就会冒出来。莱顿瓶里也会发生同样的情况。莱顿瓶带电越多，就越容易使它卸荷而释放出电流。

首先使用莱顿瓶的一些人发现，一旦莱顿瓶满载电荷后，那是很危险的。一不小心触及露出瓶口的铜棒，全部电流便会释放出来，流到接触铜棒的手上。

马斯钱布罗克第一次做成莱顿瓶时，还不知道这种瓶子能容纳的电量有多大，他试了一下，当他去摸那根铜棒的时候，就成了第一个遭到真正电击的人。电流将他击倒，他不



莱顿瓶

得不在床上躺了整整两天。从那以后，他再使用莱顿瓶时便格外小心了。

当人们用其它方法使莱顿瓶释放电流时，他们会看到大量电流释放时发生的情况。如果使莱顿瓶通过金属导线放电，释放的电流会将导线烧热并融化。

此外，如果我们使莱顿瓶口上的铜棒靠近金属一类的东西，只要一接触上，就会使电流释放。如果莱顿瓶不接触金属之类的东西，瓶子与金属之间相隔一层空气。空气是非导体，莱顿瓶就不会放电。

如果将瓶子一点一点靠近金属，两者之间的空气层越来越薄。空气层越薄，也就是说非导体越少。最后，空气就不足以阻止电流释放了。

马斯钱布罗克受到电击

在这种情况下，电流会冲出莱顿瓶，穿过空气，流进金属导线。当它穿过空气时，空气受热而发光，受热的空气会膨胀，然后又重新收缩到一起。因此，莱顿瓶放电的时候会伴有强烈的火花和尖利的噼啪声。

4. 正电荷与负电荷

关于电实验的消息越过大西洋，传到当时英国在美洲的殖民地——宾夕法尼亚。1747 年，一位名叫本杰明·富兰克林的美国人在宾夕法尼亚得到了一个来自英国的莱顿瓶。他想知道电流是从哪里来的。当一个人摩擦一根玻璃棒，使玻璃棒带电时，哪么电流是不是从摩擦玻璃棒的手上来的呢?

富兰克林决心要验证一下。他让一个人手里拿着一根玻璃棒，站在一大块石蜡上。石蜡是非导体，所以，只要这个人除了石蜡和他周围的空气以外，什么也不接触，电是流不到他身上的。

这个人手里拿着玻璃棒，站在石蜡上，他象通常那样摩擦玻璃棒。玻璃棒仍然带上了电，并且能够吸引轻的东西。电又是从哪里来的呢?

电想必是从这个人身上来的。这个人的身上必然随时都带着电，而只是由于某种原因没有表现出来。当他摩擦玻璃棒时，有一些电流进了玻璃棒。然而，这个人本身又怎么

样了呢？他失去了流进玻璃棒的那一部分电流。结果又如何呢？

为了进一步做实验，富兰克林让另一个人站在另一块石蜡上。第一个人用带电的玻璃棒碰第二个人，电就传到了第二个人身上。第二个人身上带了电，羽毛便吸附到他的身上。当他将一个手指挨近一个导体时，便产生了火花。于是，他不再带电了，因为他身上的电已释放了。

那么，第一个人将电流释放到第二个人身上以后又怎么样了呢？他仍然带着电，还能够吸引羽毛。他也可以放电，并且在放电时产生火花。

更为重要的是，这两个人所带的电不同。第二个人通过玻璃棒所带的电是杜·费伊所认为的玻璃电流，而第一个人身上带的是松香电流。（这种区别可以用软木检验：用玻璃棒使几块软木带电，又用松香棒使另外几块软木带电。然后你可以看一看，这两个人各自吸引的是哪几块软木，排斥的又是哪几块软木。）

富兰克林认为，情况就是这样的。

每一种物体都带有一定数量的电，但平时它们都象不带电一样，并不吸引别的物体。经过摩擦后，一些电会从物体上流走，或者是流到这一物体上来。于是，这件物体所带的电就多于正常的电量；或少于正常的电量。

在这两种情况下，物体都表现出带有电荷。富兰克林认为，如果物体含有的电超过正常数量，它带有的是“正电荷”；如果物体含有的电少于正常数量，它带有的是“负电荷”。倘若两个物体都带正电荷，它们就互相排斥。因为这两件物体都带有过多的电量，彼此都用不着对方的电荷。倘若两个物体都带负电荷，它们也互相排斥。因为两个物体带的电量

富兰克林让两个人站在石蜡上进行实验

都不够，都不能将电荷传给对方。

如果一个物体带正电荷，另一个物体带负电荷，那么情况就不同了。带正电荷的物体有多余的电流可以让出来，而带负电荷的物体由于电流不够却正需要它。所以，两个物体在接触时相互吸引，电流从带正电荷的物体流入带负电荷的物体。这样，每一个物体都含有适当的电量，也就都不带电荷。就是说，两种异性电荷彼此“中和”了。

富兰克林进行了验证。他让一个人摩擦一根玻璃棒，然后用这根玻璃棒去接触另一个人。这样，其中一个人带电过

多，而另一个人带电甚少。两个人都带有电荷，一个人带正电荷，另一个带负电荷。

他让这两个人伸出手来，并让他们把手指向一起靠拢。当他们这样做时，电流立刻从一个指尖跃进到另一个指尖，两个指头之间迸发出明亮的火花。两个人都感到指头发麻。于是，两个人都不再有电荷了。

现在的问题是：哪种电荷是正电荷？哪种电荷是负电荷？用绸子摩擦过的玻璃棒带的电是超过正常电量还是少于正常电量？对这个问题，富兰克林不能解释，而只能猜测。

他认为，玻璃棒经摩擦后带的电少于正常电量，它带的是负电荷。这就意味着松香棒带的是另一种电荷，即正电荷。一切物体的电荷都可以与松香棒或玻璃棒的电荷相比较而判定它们是正电荷还是负电荷。（许多年以后，当科学家们利用富兰克林不曾发现的新情况和新方法深入研究这一问题时，他们发现，富兰克林的推测是错误的。玻璃棒带的电多于正常电量，而松香棒带的电少于正常电量。但是，这一新发现并没有推翻富兰克林的基本原理。）

富兰克林了解了电流的特性之后，就能够解释莱顿瓶是怎么一回事了。经过摩擦，一根用某种特殊材料制成的普通棍棒只能得到一种正电荷或一种负电荷。加进棍棒的电荷越多，就越难往里增添电荷。只需片刻，它便达到饱和程度。

然而，莱顿瓶里一侧的金属镀层带的是负电荷，另一侧的金属镀层带的是正电荷。中间的玻璃将它们隔开，使它们不能彼此中和。一侧金属镀层上的负电荷不断吸引另一侧金属镀层上的正电荷，反过来也是这样。因此，两侧金属镀层上的总电荷就会大于同样大小的一块材料上的总电荷。

随后，富兰克林研究了莱顿瓶放电时的火花和声响。这使他联想起雷鸣时的闪电。

是什么导致了大自然中的雷鸣和闪电？也许雷雨即将来临之际，乌云和大地就起着一个莱顿瓶的作用。也许，乌云产生负电荷，大地产生正电荷（或正好相反），它们之间的空气起着非导体的作用。当乌云和空气中的电荷积累得足够多时，促使放电的压力非常大，以致电流冲破空气。于是就产生强烈的火花，我们把它称之为“闪电”；随后，又产生巨大的声响，我们把它称之为“雷鸣”。

放电前积累的电荷总量十分巨大。因此，放电的总量也十分巨大。如果一座房子释放这么强的电流，所产生的热会使屋子燃烧起来；而如果是一个人，放出的电流会使他致死。

1752 年 7 月，富兰克林想到要在雷雨的天气里用放风筝的办法来验证他的想法。他将一根尖头的金属棒拴在风筝的木头骨架上，并在金属棒上拴上一段线绳。他又在拉住风筝的线绳上拴了一块软木，还在软木的下面拴上一把金属钥匙。

如果云层里有电，电一定会进入风筝上的金属棒，然后经过湿的线绳传到软木上，再传到钥匙上。他不希望电传到他的身上，因为雷电会将他击毙。所以，他在拉住风筝的软木底端拴上一根丝线，自己用手拽住丝线。只要丝线保持干燥，就不会传导雷电。富兰克林小心翼翼地站在一个棚子下面放起了风筝。

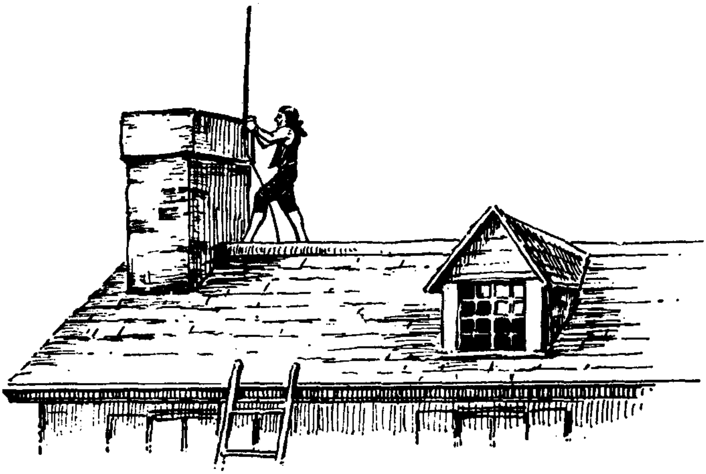
乌云越积越浓。一会儿，富兰克林注意到软木中的纤维分离开来，宛若这些纤维都带着同性电荷，因此彼此相斥。

富兰克林将手指慢慢靠近线绳下端的钥匙，在钥匙和他的手指之间立即产生火花，他的指头感到发麻。这种情况与实验室里放电时产生火花和感觉发麻一样。

富兰克林的风筝实验

他拿来一个没有带电的莱顿瓶，将莱顿瓶上的铜棒与风筝上的钥匙接触，以便检验这个瓶子。这时，莱顿瓶也带起电来，显示的情况就好象带电的玻璃棒在起电一样。

富兰克林由此而证实了闪电是一种电火花，云层中产生的电与实验室里产生的电是一样的。



避雷针

富兰克林还做过另一项实验。1747 年，他用得到的第一个莱顿瓶进行了实脸。不过，他把钝头的铜棒换成了尖头的铜针。

他发现，这样一来莱顿瓶更容易放电了。事实上，十分尖细的铜棒头使得莱顿瓶很容易放电，以致它根本无法再带有电荷。你可以向一个莱顿瓶输入电荷，但输入的电荷会很快地泄走，泄电的速度与输入的速度一样快。

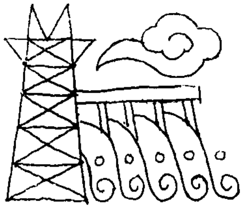
富兰克林曾经指出，云层和大地在雷暴雨来临的时候形成一个巨大的莱顿瓶。因此，他认为一根尖头的铜棒也可以泄

走云层和大地的电荷。

他设想，把一根尖头金属棒安装在一座楼房的顶上，用电线使它与大地相接。如果这样的话，这座楼房和它周围的地方都不会积累很多电荷。电荷流泄的速度与它聚集的速度一样快，就不需要再有一次激烈的放电。换句话说，房子就不会遭到雷击。

1753 年，也就是富兰克林做风筝实验的第二年，他告诉世人如何在房子上安装避雷针。在美洲的各英属殖民地和欧洲，人们普遍在屋顶上安装了避雷针。

这是电的知识第一次在人民中间得到广泛的实际应用。



5. 电池和发电机

1771 年，电的实验又有了新的进展。一位名叫卢吉·高尔瓦尼的意大利生物学家用莱顿瓶做实验。刚好他当时正在用青蛙腿做实验，而这项实验与电的实验毫无关系。

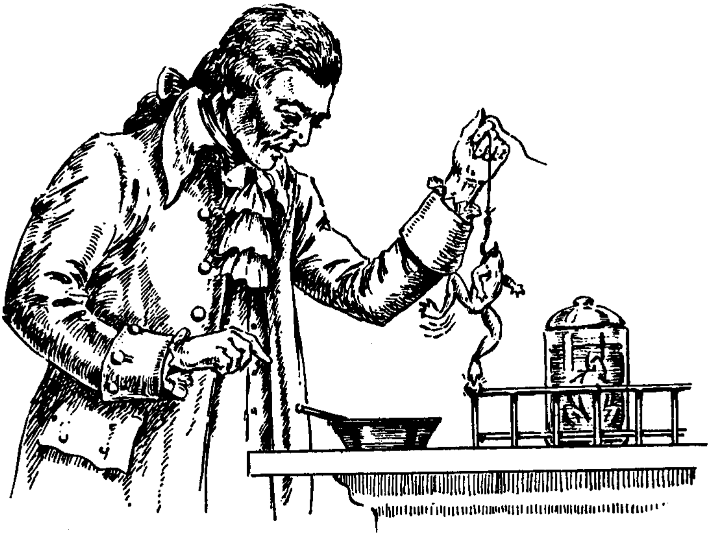
莱顿瓶迸出的一个火星溅到了一条青蛙腿上，青蛙腿抽动了一下。高尔瓦尼感到奇怪，因为在通常的情况下，肌肉只是在有生机的时候才收缩。电使无生机的肌肉抽动起来，就好象这些肌肉又复活了。电是不是与生命有关系呢?

当然，高尔瓦尼了解富兰克林的实验，他知道闪电就是巨大的电火花，他想在雷暴雨来临之际，将几支青蛙腿放在窗外。在暴风雨中，乌云、空气和大地都带着足够的电，无生机的青蛙腿会不会抽动呢?

于是他在一个雷雨天将几只做实验用的青蛙放在窗外的铁栅栏上，并用铜钩钩住青蛙腿，以防被风刮走。

青蛙腿上的肌肉确实抽动起来，并且抽动了好一会儿才停止。

后来，在没有雷雨和天气十分晴朗的日子里，他又做了试验。青蛙腿的肌肉仍然抽动。事实上，无论什么时候，只要青蛙腿与两种不同的金属如铜和铁同时接触，它们都会抽动。



高尔瓦尼用青蛙腿做实验

高尔瓦尼断定，电和生命必然有着某种联系，有生命的东西都带电。他觉得这种“动物电”在动物死后并不立即消失，所以肌肉在触及两种不同的金属时仍然会抽动。

后来，另一位名叫阿列桑德罗·沃尔塔的意大利科学家开始对这种肌肉抽动感兴趣。他多次做了电的实验，但没有证实肌肉带着不寻常的电量。

肌肉与两种不同的金属接触时，电可能是金属产生的，而不是肌肉产生的。如果是这样的话，或许在没有肌肉的情

沃尔塔的电池

况下也可以用金属发出电。假如用一块潮湿的硬纸板代替潮湿的肌肉，把它放在两种不同的金属上，情况会怎么样呢?

1794 年，沃尔塔发现，无需摩擦，也无需任何肌肉组织，便可以发出电来。假定将两种不同的金属放在盐水里，盐水也是导体，金属将发生某些化学变化，这些化学变化由于某种原因而生电。其中一种金属能够得到电流而带正电荷，另一种金属失去电流而带负电荷。

沃尔塔继续实验，他想尽可能积累大量的电荷。1800 年，他准备了一套盛有盐水的钵子，然后拿一段弯的铜条，一头

放在第一个钵子里，另一头放在第二个钵子里，这样铜条的两端都浸在盐水中。他又拿一根弯的锡条，一头放在第二个钵子内，另一头放在第三个钵子里。接着再拿一根铜条，一头放在第三个钵子内，另一头放在第四个钵子内，这样连续放了几个钵子。

所有的铜条都带正电荷，而所有的锡条都带负电荷。看来，全部电荷互相加在一起了，以致所有钵子里的总电荷比原来只用一个钵子时的电荷大得多。

然后，沃尔塔用导线将这一串钵子中最后一个钵子里的锡条与最前面一个钵子里的铜条连结起来。于是，一端的过剩电荷通过导线流向电荷不足的一端。

由于锡和铜不断发生化学变化，在一端继续产生正电荷，在另一端继续产生负电荷。只要化学变化不停止，电流就在导线上不断流动。你可以把一整串同样的物体称作一组物体。沃尔塔有一整串在盐水中产生电荷的金属条，因此，可以把它们称为“电池组”。是沃尔塔首先发明了“电池组”。

在沃尔塔发明“电池组”以前，所有实验中的电都是单个物体中的电。这种电几乎是不流动的，根据意为“静止”的拉丁词，它被称为“静”（static）电。然而，沃·尔塔的电池组产生的电能够在导线上长时间不断地流动。是他首先研制出了“电流”。

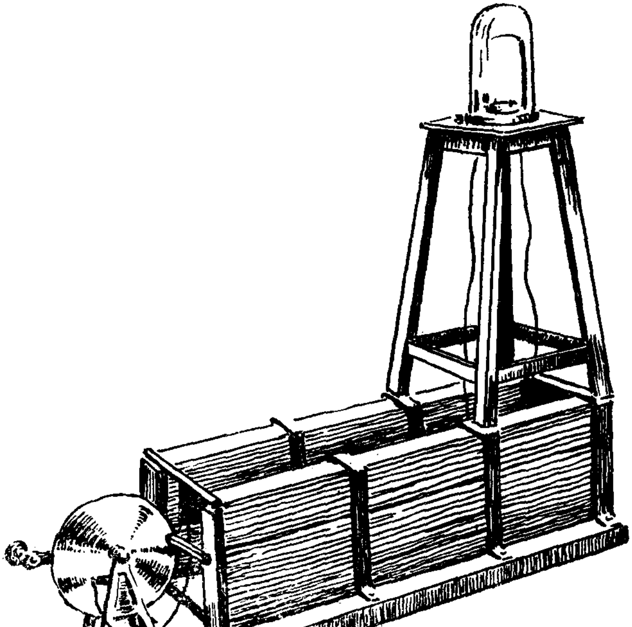
这时，人们开始使用这种新的发电装置进行实验。他们不断制作出更新更好的电池组。他们还发现，既然化学变化能产生电流，那么电流也可以用来产生化学变化。

就在发明电池组的 1800 年，有一位名叫威廉·尼科尔森的英国人，他利用电流将水分离成两种气体，即氢和氧。他证明水是这两种气体的化合物。

1807 年，另一位英国人汉弗莱 · 戴维用电流分解了一些以前从来有人能够分解的岩石物质，并获得了人们以前没有见过的一些金属。

后来，在 1819 年，一位叫汉斯 · 克里斯琴 · 厄斯特德的丹麦科学家发现，导线上带有电流时，它起的作用和磁石一样。电和磁这两种引力毕竟还是明显地有一定的联系。

于是，实验者们又马上开始研究这一新的情况。1829 年，美国科学家约瑟夫 · 亨利证明，如果将带电的导线绕成线圈，磁力将会加强。看来，每一圈线圈都会使下一圈线圈的磁力增强。而用丝线将导线全都包绕好是关键性的，这样电流就不会从一圈线圈跳跃到下一圈线圈，而必须流经整条导线。



法拉第的发电机

如果将线圈绕在一块铁上，磁力还会更强，它的强度将远远超过任何一块普通的磁铁。更为重要的是，这种“电磁”很容易产生或消除。如果将导线与电池连接，便会产生磁力。如果将导线与电池分离，磁力便会消除。

亨利用一块小小的电磁铁举起了足有一吨多重的铁块，还能将铁块挪动到他所需要的地方，然后将铁块放下。

一位英国科学家迈克尔·法拉第指出，正如电能够产生磁一样，磁也可以产生电。他在 1831 年证明：如果一块铜板围绕磁铁转动，铜板上就会产生电流。

如果你用蒸气机使铜板转动，只要蒸气机不停止工作，电流就会不断产生。法拉第用这种方法发电，并创造出了“发电机”。

这是对电池的一大改进。因为只有铜、锡和锌这样一些昂贵的金属在化学反应中消耗时，电池才能产生电，而发电机靠燃烧煤驱动蒸汽引擎工作，这要便宜得多。

有了法拉第的发明以后，人们才有可能得到他们需用的大量廉价电力。

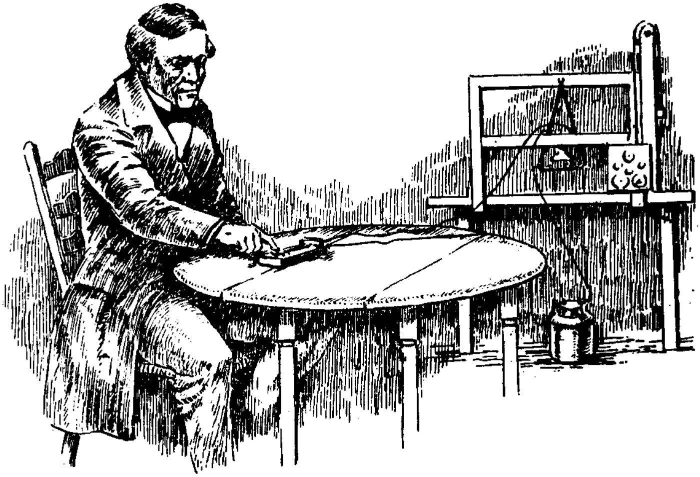
同年间，约瑟夫·亨利运用法拉第的发明原理又有了新的发明。法拉第用转动的铜板发电，而亨利证明电流能够使飞轮转动。他发明了“电动机”。

电动机可以随时开动或停止。一台小型电动机能够使一些小的物体不断运动；而一台大型电动机可以使一些巨大的物体连续运动。这样，在人类漫长的历史中由人力和畜力所做的大部分工作就有可能由电去完成了。

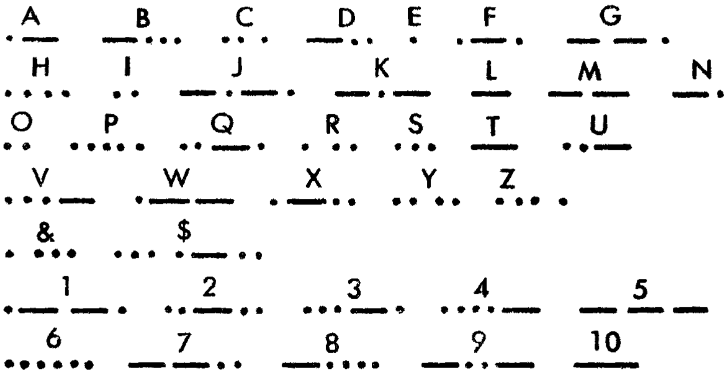
发明家们逐渐地利用电去做许多有趣的事情。

1884 年，美国的发明家塞缪尔·F．B．莫尔斯制造出第一台具有重要意义的电报机。电流在长的导线上随时产生和停

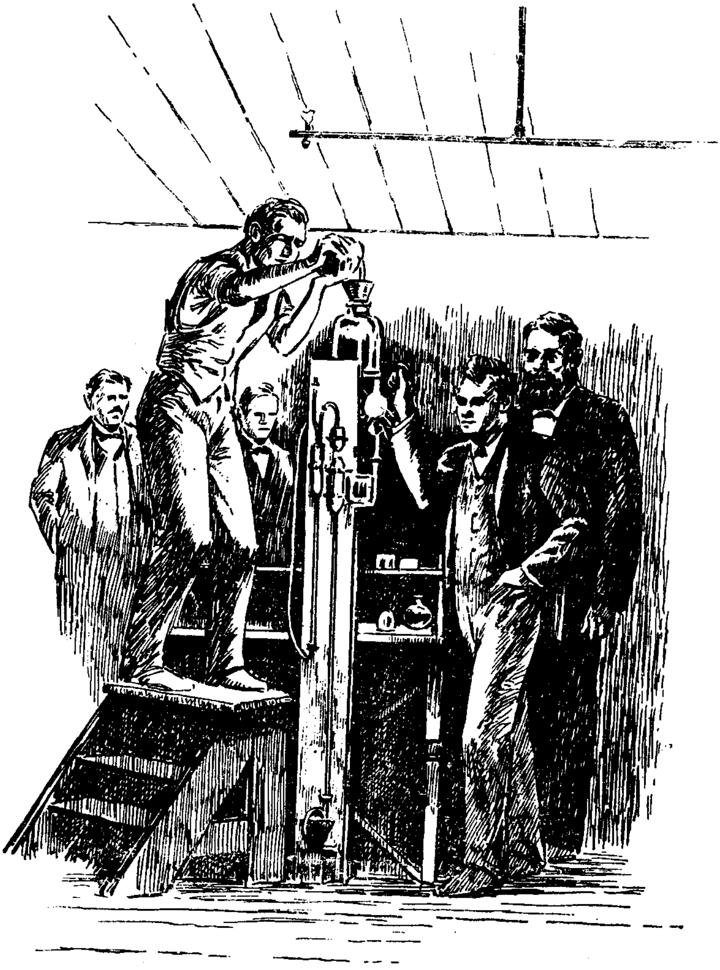
止，这样就能发出短信号（点）和稍微长的信号（划）。人们用不同的方式将这些点和划组合起来代表每一个字母。



莫尔斯作电报实验



莫尔斯电码



爱迪生发明的电灯

有了这种“莫尔斯电码”，人们就能够以每秒钟 186000 英里的电速度向远处发送信息。一封电报的信息在不到 1/60 秒的时间内便可由纽约传到旧金山。

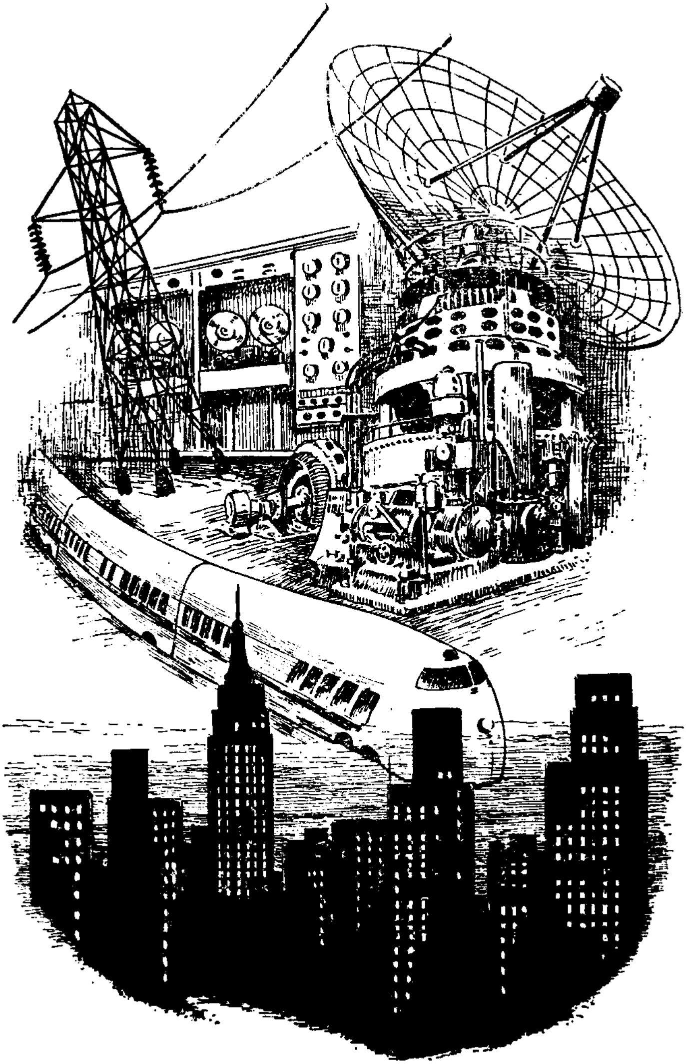
1876 年，一位原籍苏格兰的美国发明家亚历山大·格雷厄姆·贝尔研究出能够使电流象声波产生时那样或强或弱的方法：他发明了“电话”。

1879 年，美国发明家托马斯·阿尔瓦·爱迪生找出了一种方法，可以使电流在密闭的玻璃真空容器内通过碳丝流动。电流使碳丝发热，直至白炽状态。由于容器内没有空气，所以它不会燃烧起来，而只是保持着白热。爱迪生发明了“电灯”。

此外，还有许多项发明。现在我们大家都利用电流。我们可以用电来做饭、取暖、冷却、冷冻和照明。我们利用电开动电唱机、收音机和电视机。在使用电牙刷、电刻字刀和电烤箱时也都需要电。

电的用途无穷无尽。人类的用电量年复一年地增加。这就使得我们的生活与我们先辈的生活方式完全不同了。

许多世纪以来，人们总是迫切地想知道事物为什么具有它们所表现的种种特性。上面所说的一切，都是这种好奇和钻研精神的成果。



电的用途无穷无尽

读书中文网
www.rbook.net

珍爱书籍，开卷有益，请支持正式出版物。

《我们怎样发现了—电》一校再改版，精确版面还原

全书由 凡剑（Ken777）OCR、校对、仿绘封面、制作。

2008年10月16日一校
2009年11月02日再改

Ken777
2009.11.02
eBook